

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

DAVID MARLON DALPOSSO

**PERDAS DE SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO AVALIADAS SOB
SIMULADOR DE EROÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2014

DAVID MARLON DALPOSSO

**PERDAS DE SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO AVALIADAS SOB
SIMULADOR DE EROSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Martin Brandelero

DOIS VIZINHOS

2014

D149p

Dalposso, David Marlon.

Perda de solo em diferentes sistemas de uso avaliadas sob simulador de erosão / David Marlon Dalposso – Dois Vizinhos :[s.n], 2015. 44f.:il.

Orientador: Evandro Martin Brandelero
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2015.
Bibliografia p. 40-44

1. Solos-conservação. 2. Solos- erosão 3. Solos- manejo I.Brandelero, Evandro Martin II.Universidade Tecnológica Federal do Paraná– Dois Vizinhos.III.Título
CDD: 631.4

A minha amada família, meus avós Raulino
e Líria, à minha mãe Elizabete por todo
o apoio e amor recebidos.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ser sempre meu melhor amigo e força presente, constante em todos os dias de minha vida, seu sopro de vida em mim sempre me foi sustento e me deu coragem para encarar os problemas do dia-a-dia e sempre propor um novo mundo de soluções. Quero agradecer à minha família, pessoas as quais tanto amo. Também venho a agradecer meus amigos de verdade que sempre me apoiaram em minhas dificuldades, meu muito obrigado, que Deus compense a todos vocês que me foram luz quando estive a beira do abismo que a doença me causou. Por fim, ficam minhas desculpas por não citar a todos por nomes, pois tenho muitas pessoas especiais em minha vida, desculpa pelas quais aqui não citei, mas, saibam que são de igual valor as mencionadas.

Agradecer ao meu Orientador Evandro Martin Brandelero pelos conselhos, cobranças e pela atenção e dedicação que sempre teve comigo e para com meu TCC.

Agradeço a todos os Professores que de alguma forma estiveram presentes na minha caminhada como estudante, aconselhando e iluminando o caminho a ser percorrido.

É melhor atirar-se à luta em busca de dias melhores, mesmo correndo o risco de perder tudo, do que permanecer estático, como os pobres de espírito, que não lutam, mas também não vencem, que não conhecem a dor da derrota, nem a glória de ressurgir dos escombros. É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar.

É melhor tentar, ainda que em vão que sentar-se, fazendo nada até o final.

Martin Luther King

RESUMO

DALPOSSO, David. M. **Perdas de solo em diferentes sistemas de uso avaliadas sob simulador de erosão**. 2014. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso II (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

As perdas de solo por erosão hídrica diminuem a fertilidade dos solos, aumentam os sedimentos sobre os meios aquáticos da bacia hidrográfica, causando entre outros a redução da produtividade das espécies vegetais, aumento dos custos para o tratamento da água potável e redução da vida aquática. O trabalho teve como objetivo avaliar as perdas de solo em diferentes sistemas de uso sob simulador de erosão e sua relação com atributos físicos do solo. O trabalho foi implantado no delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 2 x 5, sendo dois a presença e ausência de cobertura sobre o solo e cinco os diferentes usos, representados pela mata nativa, plantio convencional, plantio direto, floresta plantada com pinus e floresta plantada com eucalipto. Avaliou-se a estabilidade dos agregados em água num aparelho de oscilação vertical graduado, bem como a influência da cobertura morta na geração de sedimentos em simulador de erosão e fertilidade do solo através de análise química. Constatou-se que a presença da cobertura morta reduz as perdas de solos nos diferentes usos. O plantio convencional foi o que apresentou as maiores perdas de sedimentos, sendo estas de 1879,2 ml L⁻¹ de solo erodido, correspondendo a 42,43 % da média geral de geração de sedimentos entre os tratamentos, seguido de plantio direto com 926,6 ml L⁻¹ (20,93 %), floresta plantada com pinus 675,3 ml L⁻¹ (15,25 %), floresta plantada com eucalipto 523 ml L⁻¹ (11,81 %) e mata nativa com as menores perdas sendo esta de 424,3 ml L⁻¹ (9,58 %). As maiores perdas de solos no plantio convencional se devem a maior porcentagem de agregados nas classes de menor diâmetro, ao passo que nos sistemas conservacionistas como plantio direto, floresta plantada com pinus, floresta plantada com eucalipto e mata nativa houveram menores perdas de solo pela maior porcentagem destes agregados nas classes de maior diâmetro, indicando assim que em bons sistemas de uso do solo, mesmo que revolvidos, possibilitam menores perdas de solo por sedimentos. Assim se mostra a grande importância do manejo correto do solo, adotando práticas conservacionistas de modo a, minimizar tanto as perdas de solo como seus constituintes nutrientes, minerais, melhorando a capacidade de troca de cátions, teores de fósforo, matéria orgânica como constatado no presente estudo.

Palavras - chave: Agregados. Sedimentos. Água. Cobertura morta.

ABSTRACT

DALPOSSO, David. M. 2014. 44f. **Soil loss in different systems evaluated under erosion simulator use.** 2014. 44f. End of Course Work – (Bacharelor of forestry Science Degree) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

The soil losses by rainfall decrease soil fertility, increase sediment on the aquatic resources of the watershed, causing among others the reduced productivity of plant species, increased costs for the treatment of drinking water and reduction of aquatic life. The study aimed to evaluate soil losses in different land use systems under erosion simulator and its relationship with soil physical properties. The work was implemented in a completely randomized design in a factorial 2 x 5, two the presence and absence of coverage on the ground and five different uses, represented by the native forest, conventional tillage, no-till planted with pine forest and planted forest with eucalyptus. We evaluated the stability of aggregate water in a graduated vertical oscillation apparatus, as well as the influence of mulch on the generation of sediment erosion simulator and soil fertility through chemical analysis. It has been found that the presence of soil mulching reduces losses in the different uses. Conventional tillage showed the major losses of sediments, which are of 1879,2 ml L⁻¹ of eroded soil, corresponding to 42.43% of the general average generation of sediment between treatments, followed by tillage with 926,6 ml L⁻¹ (20.93%), forest planted with pine 675,3 ml L⁻¹ (15.25%), forest planted with eucalyptus 523 ml L⁻¹ (11.81%) and native forest with this being the lowest losses of 424,3 ml L⁻¹ (9.58%). The largest losses of soil in conventional tillage should be the highest percentage of house holds in the smaller diameter classes, whereas in conservation tillage systems as forest planted with pine forest planted with eucalyptus and native forest there were fewer losses of soil for most percentage of these aggregates in larger diameter classes, indicating that on good land use systems, even upturned, enable lower soil losses by sediment. So it shows the great importance of proper soil management, adopting conservation practices in order to minimize both soil losses as their constituents nutrients, minerals, improving the capacity of cation exchange, phosphorus, organic matter as found in the present study.

Keywords: Aggregates. Sediments. Water. Mulch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sendo A: vista panorâmica do plantio florestal de Eucalyptus spp. e B: vista da cobertura vegetal morta da espécie, UTFPR - Dois Vizinhos.....	17
Figura 2. Sendo A: vista panorâmica do plantio florestal de Pinus taeda e B: vista da cobertura vegetal morta da espécie, UTFPR - Dois Vizinhos, 2014.....	18
Figura 3. Sendo A: vista da entrada para a mata nativa e B: vista da cobertura vegetal morta da espécie, UTFPR - Dois Vizinhos.	18
Figura 4. Sendo A: vista panorâmica do plantio convencional e B: vista da área de plantio convencional desnuda de cobertura vegetal morta, UTFPR - Dois Vizinhos...	19
Figura 5. Sendo A: vista panorâmica do plantio direto e vista da cobertura vegetal morta no sistema de uso, UTFPR - Dois Vizinhos.....	19
Figura 6. Vista do conjunto de peneiras do aparelho de oscilação vertical graduado.	22
Figura 7. Vista frontal do simulador de erosão de solos.....	23
Figura 8. Distribuição dos agregados em classes de diâmetro, em Nitossolo Vermelho distroférico em diferentes sistemas de uso do solo sob chuva simulada. Onde PC: Plantio convencional, PD: Plantio direto, FPE: Floresta plantada com eucalipto, MN: Mata	25
Figura 9. Sendo A e B, perdas de solo nos fatores com palha e sem palha no sistema Plantio Convencional, onde o solo mais sujo sem cobertura morta e, solo mais limpo com cobertura morta.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de variância para os fatores uso do solo (F1), peneiras do aparelho de oscilação vertical (F2) e suas interações, bem como tratamentos.	24
Tabela 2. Análise de Variância para o DMP e DMG.....	26
Tabela 3. Médias do Diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e Diâmetro médio geométrico (DMG) nos diferentes sistemas de uso do solo sob chuva simulada.	26
Tabela 4. Síntese da análise de variância pelo teste F e teste de médias para os sedimentos.	28
Tabela 5. Desdobramento de sedimentos dos diferentes usos do solo perante os fatores com cobertura morta (CCM) e sem cobertura morta (SCM).....	31
Tabela 6. Síntese da análise dos Quadrados médios com o nível de significância do F, *, **, e ns para as variáveis da análise química dos diferentes usos do solo.	36
Tabela 7. Valores médios da análise química para fins de fertilidade do solo, nos diversos tipos de usos estudados.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	16
4.2 METODOLOGIA.....	20
4.2.1 Avaliações Realizadas.....	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
5.1 ESTABILIDADE DOS AGREGADOS EM ÁGUA.....	24
5.2 PERDAS DE SOLO EM CHUVA SIMULADA.....	27
5.3 AVALIAÇÕES QUÍMICAS.....	34
6 CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

Os estudos e as estimativas sobre a erosão hídrica são essenciais para o monitoramento das práticas agrícolas e silviculturais, tendo em vista que as técnicas de manejo do solo podem afetar o escoamento superficial e o aporte de sedimentos e nutrientes do solo. Sendo assim, as concentrações de nutrientes no material transportado podem conter fertilizantes perdidos em grande quantidade conseqüente da erosão (CASSOL; LEVIEN; ANGHINONI et al., 2002, p.710).

As florestas tendem a ter uma menor perda de solo e de água em virtude da cobertura vegetal que as cobre, proporcionando redução da velocidade de impacto da gota d'água com o solo, o que reduz o potencial desta de desprender o solo ocasionando erosão hídrica, como ocorre em solos desnudos.

Já em cultivos agrícolas, como o sistema plantio convencional, a ausência de cobertura vegetal associado ao fracionamento dos agregados, assim como redução do tamanho do agregado tem como conseqüência menor estruturação e estabilidade dos agregados (OLIVEIRA, 2012, p.338). Nos sistemas conservacionistas que levam o conceito da manutenção da cobertura vegetal sobre o solo, proporcionam melhorias estruturais do solo. Na busca desta compreensão de diferenciações buscou-se neste estudo avaliar a floresta plantada com *Pinus*, floresta plantada com *Eucalyptus*, plantio direto e mata nativa como alguns dos sistemas conservacionistas existentes.

Outro fator que influencia fortemente nas perdas de solo e água por erosão hídrica é a declividade do terreno, pois, à medida que ela aumenta, se diminui a infiltração de água no perfil do solo aumentando assim a velocidade da enxurrada. Assim, aumenta-se a capacidade de transporte das partículas de solo pela enxurrada, bem como a própria capacidade desta de desagregar o solo, por ação de cisalhamento, principalmente quando concentrada nos sulcos direcionados no sentido da pendente do terreno (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003, p.745).

Sendo assim, o conhecimento das características do sedimento produzido nas áreas em entressulcos facilita a compreensão dos processos de produção, transporte e deposição dos sedimentos para outras áreas nos cursos d'água (NUNES; CASSOL, 2011, p.542).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a qualidade física e química de diferentes sistemas de uso do solo e sua relação com os processos erosivos causados pela água das chuvas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar as perdas de solo em diferentes sistemas de uso exposto em simulador de erosão com chuva simulada;
- Avaliar a ação da cobertura morta nos diferentes sistemas de uso do solo e sua relação com a produção de sedimentos em um simulador de erosão;
- Avaliar os atributos físicos e nutricionais do solo e sua relação com a agregação do solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O manejo incorreto do solo pode levar a erosões hídricas em áreas agrícolas, causando a contaminação da água e o assoreamento dos rios. A erosão pode causar redução da capacidade produtiva do solo, contaminação de áreas fora do local da erosão e perdas significativas de nutrientes para as plantas, como é o caso do fósforo (BERTOL; MELLO; GUADAGNIN, 2003, p.582), sendo que grandes quantidades de nutrientes são transportados pelo processo erosivo das águas das chuvas nas áreas cultivadas com culturas de interesse comercial (CASSOL; LEVIEN; ANGHINONI, 2002, p.707).

Conforme Bertol., Beutler., Leite (2001, p.555-556), os diferentes tipos de manejo e de cultivo do solo alteram as propriedades físicas do solo e, tende com o tempo, a ter a estrutura original alterada pelo fracionamento dos agregados, com isso, observa-se o aumento nas taxas de escoamento superficial, resultante da menor taxa de infiltração de água no perfil do solo, caso que mais se intensifica para sistemas de usos não conservacionistas como o plantio convencional.

Segundo Reichert, Reinert e Braida (2003, p.39), solo com boa qualidade física é aquele que permite a infiltração, disponibiliza e retém água às plantas e aos corpos d'água e, nas camadas superficiais, responde positivamente ao manejo empregado, permitindo as trocas térmicas e gasosas com a atmosfera e rizosfera e a expansão das raízes, resistindo à degradação.

Em estudos realizados por Chen (1993, p.2040) medindo o efeito de diferentes sistemas de cobertura vegetal no controle do escoamento superficial de água e processos erosivos em relação a florestas tropicais úmidas, constatam que houve maior eficiência em sistemas com mais de um estrato de cobertura vegetal.

Alvarenga (2010, p.74) em seu estudo no Sul do estado de MG, onde predominam cambissolos, percebeu que 70% do deflúvio total na sub-bacia hidrográfica do rio estudado, consistem do deflúvio base, que ocorre em função do processo de recarga subterrânea, constatando que a presença da Mata Atlântica é fundamental, gerando condições físicas ao solo que facilitam o processo de infiltração, fazendo com que essa região atue como um reservatório de captação de água, conseqüentemente menor geração de sedimentos e perdas de solo por escoamento superficial.

Quanto ao sistema plantio direto, melhora as condições físicas do solo devido à maior produção de palha, permitindo maior exploração do perfil do solo pelas raízes, favorecendo a infiltração de água, diminuição do processo erosivo e, conseqüentemente favorecendo a manutenção da estabilidade do sistema. Sendo assim, a presença de uma boa cobertura do solo é importante para promover melhoria das condições químicas e físicas em médio prazo e contribuir com a produção e o desenvolvimento das plantas (CHIODEROLI; MELLO; GRIGOLLI, 2012, p.38).

A palha no sistema plantio direto possibilita maior atividade biológica na superfície e maior quantidade de matéria orgânica, bem como a estrutura de solos em florestas com estoque de serrapilheira está favorecendo o crescimento e desenvolvimento de plantas quando comparados com solos cultivados convencionalmente (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000, p. 796).

Se tratando das propriedades físicas do solo, Costa, Albuquerque e Bayer (2003, p.532) constam que o diâmetro médio geométrico do agregado (DMG) é maior na camada superficial do plantio direto do que em solo sob plantio convencional. Isto se deve ao maior fracionamento das partículas do solo no plantio convencional, devido ao sistema de manejo, com a aplicação de arados e grades, indicando assim uma estrutura física do solo menor, sendo que no plantio direto se tem um solo mais estável.

Ainda Costa, Albuquerque e Bayer (2003, p.532) concluem em seu trabalho que o sistema de preparo convencional acabou por degradar as propriedades relacionadas com a estabilidade e estrutura do solo em relação à mata nativa, indicadas assim pelo aumento da densidade do solo e também pela resistência do solo a penetração, bem como uma menor estabilidade de agregados. Os mesmos constataram que o sistema plantio direto possibilitou melhores condições estruturais, a qual ficou evidente pela redução da densidade e pela maior estabilidade de agregados na camada superficial do solo.

Para as florestas, Lima (1988, p.09) descreve que com o crescimento desta, observa-se diminuição do escoamento superficial e também da perda de solo em parcelas florestadas quando comparadas a solo descoberto, sendo que este último continua apresentando elevadas taxas de escoamento superficial e erosão.

Estudos de perdas de solo e água realizados em plantios de *Acacia mangium*, com duração de doze meses, no estado de Roraima, concluíram que as maiores

perdas de solo e água foram observadas na fase de estabelecimento dos plantios, antes do fechamento das copas (BARROS., DO VALE Jr., SCHAEFER et al., 2009, p.453). A cobertura vegetal mais densa dos plantios de acácia foi o fator que maior contribuiu para redução das perdas de solo por erosão (BARROS., DO VALE Jr., SCHAEFER et al., 2009, p.453).

As perdas de solo e água por erosão têm grandes implicações sobre a fertilidade do solo, particularmente porque as camadas superficiais são as mais férteis e as primeiras a serem erodidas. Alguns aspectos do plantio e do manejo de uma floresta, tais como frequência de desramas e desbastes e espaçamento entre plantas influenciam na quantidade de massa vegetal sobre a superfície e, conseqüentemente, na cobertura do solo durante o crescimento das árvores (OLIVEIRA; BERTOL; CAMPOS et al., 2014, p.240).

A retirada da cobertura vegetal original e a implantação de culturas, associadas a práticas de manejo inadequadas, contribuem fortemente para o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, alterando suas propriedades químicas, físicas e biológicas, limitando sua utilização agrícola ou florestal e tornando-o mais suscetível à erosão (CENTURION; CARDOSO; NATALE, 2001, p.255).

Observa-se que os sistemas de uso do solo alteram de diferentes formas os agregados do solo, que irão comportar-se de maneira distinta perante a água das chuvas. Tanto o plantio direto quanto áreas sob cultivo florestal se apresentam de forma mais conservacionista em relação ao sistema plantio convencional, sendo que a cobertura vegetal tem grande e fundamental papel na diminuição do processo de erosão pela água das chuvas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido no município de Dois Vizinhos, na região Sudoeste do estado do Paraná, nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, localizada na Estrada para Boa Esperança, km 04, na Comunidade de São Cristóvão, zona rural do município, possuindo uma área de aproximadamente 193 ha, nas coordenadas de 25°41'51" de latitude Sul e 53°06'05" de longitude Oeste.

De acordo com a classificação climática de Köppen (Alvares, 2013, p.723) o tipo de clima que ocorre em Dois Vizinhos é o Cfa, (sub-tropical, sem estação seca, com temperatura média do mês mais frio menor que 18°C e temperatura média do mês mais quente maior que 22°C). Apresenta temperaturas médias anuais entre 19°C e 20°C (MAACK, 1981) com precipitação média anual de 2.044 mm (POSSENTI; GOUVEA; MARTIN, 2007, p.141).

A floresta plantada com *Eucalyptus* spp. (Figura 1) possui aproximadamente 12 anos de idade, esta foi implantado através do uso de mudas em sacos plásticos, em covas. Já ocorreram alguns pequenos desbastes neste povoamento a cunho de pesquisas de acadêmicos, aulas práticas e desenvolvimento de TCCs na área. Esta população teve e tem grande importância para todos os acadêmicos do curso de Engenharia Florestal tendo em vista sua aplicabilidade dos conhecimentos na área, citando algumas disciplinas como biometria florestal, manejo florestal, silvicultura, tratos e métodos silviculturais. Localiza-se nas coordenadas UTM: 02899757 e 7155651.

O plantio das mudas foi realizado sem o uso de adubos, seja químicos ou orgânicos, disposto no espaçamento 3x2 metros, este sendo realizado através de mão - de - obra de funcionários do setor da UTFPR - Dois Vizinhos, sendo realizado no método de coveamento.

Se tratando da floresta plantada com *Pinus* (taeda) (Figura 2), este possui cerca de 12 a 15 anos de idade. Foi implantada no espaçamento 3x2 metros, possuindo aproximadamente 1400 arvores/ha, diâmetro médio de 40 cm de DAP, com

mão de obra de funcionários da Universidade. Seu plantio foi realizado em covas sem adubação e, já foram realizados alguns desbastes na população a fim de pesquisa e aulas práticas. Sendo o plantio de *Pinus taeda* e *Eucalyptus* spp. integrantes da UNEPE Povoamentos Florestais da UTFPR- Dois Vizinhos. Localiza-se nas coordenadas UTM: 0289752 e 7155651 metros.

Em relação à mata nativa (Figura 3), esta está em estágio médio de regeneração, então já houve alguma espécie de supressão na mesma. Localiza-se nas coordenadas UTM: 0289466 e 7156665 metros.

Quanto ao sistema plantio convencional (Figura 4), esta área já é usada a mais de 15 anos para cultivo de culturas agrícolas, como a cultura do milho, soja e cana-de-açúcar, de modo que o preparo do solo se dava com aração e revolvimento constante após cada safra de cultivo. Localiza-se nas coordenadas UTM: 0289683 e 7155608 metros.

Se tratando do sistema plantio direto (Figura 5), esta área também já foi cultivada a mais de 15 anos, onde se planta milho, soja e culturas de inverno. Nesta o preparo do solo não se dá de forma intensiva, com revolvimento mas, usando da tecnologia da semeadura direta. Localiza-se nas coordenadas UTM: 0289721 e 7156015 metros.



Figura 1. Sendo A: vista panorâmica do plantio florestal de *Eucalyptus* spp. e B: vista da cobertura vegetal morta da espécie, UTFPR - Dois Vizinhos.
Fonte: O autor, 2014.



Figura 2. Sendo A: vista panorâmica do plantio florestal de Pinus taeda e B: vista da cobertura vegetal morta da espécie, UTFPR - Dois Vizinhos, 2014.
Fonte: O autor, 2014.



Figura 3. Sendo A: vista da entrada para a mata nativa e B: vista da cobertura vegetal morta da espécie, UTFPR - Dois Vizinhos.
Fonte: O autor, 2014.



Figura 4. Sendo A: vista panorâmica do plantio convencional e B: vista da área de plantio convencional desnuda de cobertura vegetal morta, UTFPR - Dois Vizinhos.
Fonte: O autor, 2014.



Figura 5. Sendo A: vista panorâmica do plantio direto e vista da cobertura vegetal morta no sistema de uso, UTFPR - Dois Vizinhos.
Fonte: O autor, 2014.

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 Avaliações Realizadas

As análises do experimento foram conduzidas nos Laboratórios de Solos e de Lavagem da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos.

Para as avaliações coletaram-se amostras de solo na camada 0 a 20 cm de profundidade em cinco sistemas de manejos, implantados no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e sendo a análise estatística na fatorial 2 x 5, onde dois é a presença e ausência de cobertura sobre o solo e cinco os diferentes usos do solo, sendo eles: plantio direto (PD), plantio convencional (PC), floresta plantada com eucalipto (FPE), mata nativa em estágio médio de regeneração (MN) e floresta plantada com Pinus (FPP). Os solos foram classificados como Nitossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006, p.195).

As amostras de solo foram coletadas no mês de setembro, sendo secas à sombra durante dois meses e peneiradas com malha de 9,5 mm para posterior realização das análises. Estas ainda foram coletadas em quatro locais diferentes para cada tratamento, os quais consistiram as repetições. Os tratamentos foram caracterizados quanto à fertilidade (EMBRAPA, 1997, p.47), onde as amostras compostas por quatro repetições cada tratamento foram enviadas para o Laboratório do IAPAR para análise química, avaliando os seguintes elementos: matéria orgânica, fósforo, potássio, Cálcio, Magnésio, Hidrogênio e Alumínio, pH, Cloreto de Cálcio e Capacidade de Troca de Cátions.

A estabilidade de agregados em água foi realizada segundo Embrapa (1997, p.47) em um aparelho de oscilação vertical graduado (Figura 6), o qual consistiu num conjunto de peneiras de 8,0; 4,76; 2,0; 1,0; 0,5; e 0,25 mm de malha. Neste colocou-se quatro amostras de aproximadamente 50 gramas de solo do respectivo tratamento, onde se fez duplicata de laboratório para cada tratamento, assim usando oito amostras para cada tratamento, efetuando duas baterias no aparelho de oscilação vertical para cada tratamento avaliado. As amostras de aproximadamente 50 gramas foram dispostas sobre papel Kraft e mantidas por 5 minutos para receberem umidade

por capilaridade, posteriormente ligando o aparelho de oscilação durante 15 minutos, onde o mesmo executou 32 oscilações por minuto.

Já o cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) foram quantificados através das equações sugeridas por KEMPER e CHEPIL (1965, p.503).

$$\text{DMP} = \sum_{x=l} xiy_i$$

Em que:

i = intervalo de classe: 8,0; 4,76; 2,0; 1,0; 0,5; e 0,25 mm de malha;

x_i = é o diâmetro do centro de classe (mm);

y_i = é a razão entre a massa (seca em estufa à 2015° C) de agregados dentro da classe (x_i) e a massa total de agregados.

$$\text{DMG} = \frac{\exp \sum w_i \ln x_i}{\sum w_i}$$

Em que:

w_i = peso dos agregados de cada centro de classe (g);

\ln = logaritmo natural de x_i ;

x_i = diâmetro do centro de classe (mm).



Figura 6. Vista do conjunto de peneiras do aparelho de oscilação vertical graduado.
Fonte: O autor, 2014.

As avaliações das perdas de sedimentos foram realizadas num simulador de erosão com oito calhas simultâneas (Figura 7) as quais foram distribuídas sob uma bancada com 30° de inclinação (BRANDELERO; LINK; MODOLO, 2013, p.359) e com intensidade de chuva de 59,2 mm/h. As amostras de solo dos respectivos tratamentos foram dispostas sobre as oito calhas, sendo quatro repetições com cobertura morta e quatro repetições sem cobertura morta para cada tratamento, sendo a quantidade de cobertura morta sobre os sistemas de uso iguais e, o volume de solo utilizado em cada calha de aproximadamente 0,0094531 m³. Os sedimentos foram coletados em quatro intervalos de tempos, sendo eles 10, 15, 20 e 25 minutos após dar início à chuva simulada. Os sedimentos foram quantificados através da técnica do Cone Imhoff (SOJKA; CARTER; BROWN, 1992, p.885) o qual apresenta o volume de sedimentos erodidos em mililitro por litro de água escoada, sendo esta composta pela mistura de água mais solo, considerando os tratamentos com cobertura morta (CCM) e sem cobertura morta (SCM).

Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Assistat® (SILVA e AZEVEDO, 2002, p.72-73).



Figura 7. Vista frontal do simulador de erosão de solos.
Fonte: BRANDELERO et al (2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA

Na Tabela 1 para análise de variância, percebe-se que para os fatores uso do solo (F1), peneiras (classes de agregados) (F2) e interação entre estes, no fator F1, obteve-se uma significância em nível de 5 % de probabilidade a Tukey. Já nos demais fatores, F2 e interação entre F1 e F2 obtiveram-se diferenças significativas a 1% de probabilidade, bem como para todos os tratamentos: FPP, FPE, PC, PD e MN.

Tabela 1. Análise de variância para os fatores uso do solo (F1), peneiras do aparelho de oscilação vertical (F2) e suas interações, bem como tratamentos.

Fv	GL	QM	F
Usos do solo (F1)	4	0,65	0.0634 *
Peneiras (F2)	6	4415,4	428.0483 **
Int F1 x F2	24	715,07	69.3227 **
Tratamentos	34	1284,02	124.4791 **
Erro	245	10,31	
Média geral		14,18	
CV (%)		22,64	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$) ns: não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$.

Na Figura 8, temos que para a distribuição dos agregados, o tratamento plantio convencional (PC) concentrou maior porcentagem dos seus agregados nas peneiras de menor diâmetro, abaixo de 2 mm. Isto pode estar ligado ao maior fracionamento do solo por atividade agrícola, passagem de grade e arado a fim de preparo do solo para cultivo no sistema intensivo, muito utilizado nas décadas de 70 e 80, conseqüentemente reduzindo o estoque de matéria orgânica, os quais são agentes fundamentais na estabilização e formação de agregados (SRISVASTAVA e SINGH, 1991, p.121).

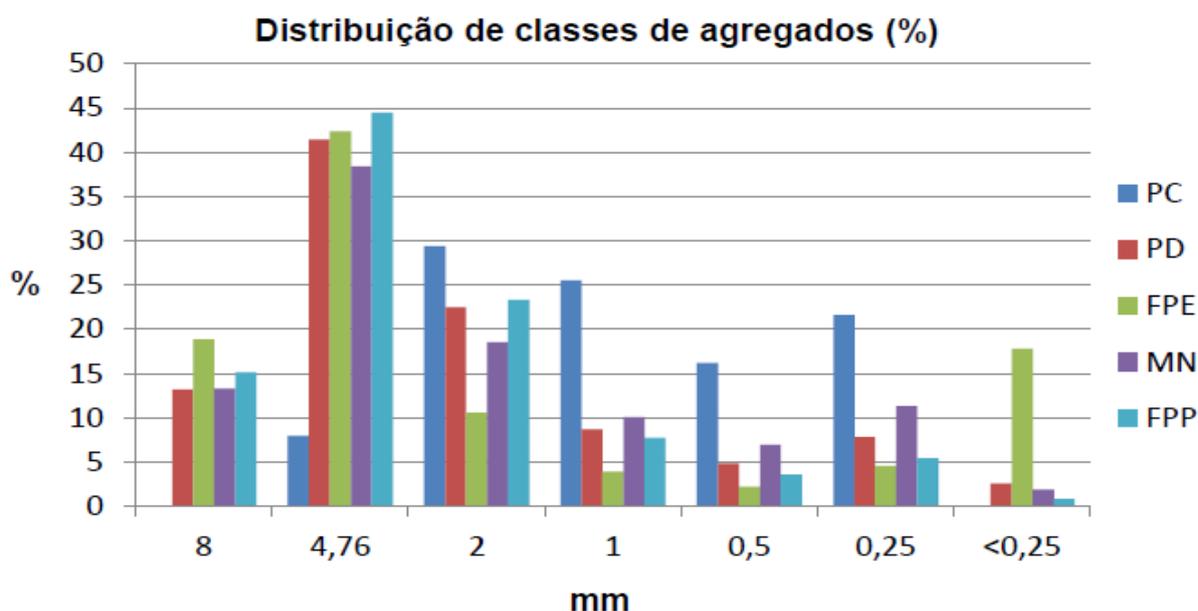


Figura 8. Distribuição dos agregados em classes de diâmetro, em Nitossolo Vermelho distroférico em diferentes sistemas de uso do solo sob chuva simulada. Onde PC: Plantio convencional, PD: Plantio direto, FPE: Floresta plantada com eucalipto, MN: Mata
 Fonte: O autor, 2014.

Em contrapartida a FPE apresentou as menores porcentagens de agregados nas classes de menor diâmetros se comparado aos demais tratamentos, concentrando seus agregados nas classes superiores a 1 mm, seguida da FPP, PD e MN. Isto pode estar associado ao menor revolvimento do solo, tendo em vista que o seu plantio foi realizado em covas e, não houve assim, gradagem ou aração da área para o preparo do solo e posterior plantio das mudas de pinus e eucalipto. Portanto, não houve o fracionamento intenso das partículas de solo destas áreas, sendo a MN em estágio médio de regeneração uma testemunha da influência dos sistemas de manejo do solo, mesmo que esta tenha sofrido alguns impactos no solo. Isto fica evidente observando a tabela de distribuição de classes de diâmetro dos agregados (Figura 8) onde o FPE, FPP, MN e PD concentram seus agregados nas classes de maior diâmetro, com o PC se diferenciando dos demais tanto em relação ao DMG bem como ao DMP (Tabela 3).

Ainda, quando se olha para a Figura 8, percebe-se que quase não há a ocorrência de agregados na classe de 8 mm para o tratamento PC, ditando assim o intenso fracionamento do solo, redução do tamanho da partícula, DMG e DMP, caso este que não ocorre com o PD, como se pode observar pelo DMP e DMG. Como o

PD é uma prática de cultivo do solo conservacionista, onde mantém cobertura morta na área, não há total ou constante revolvimento do solo conferindo assim tais características a este sistema de uso. Para a FPP, o maior valor de DMG possivelmente pode se dever a atividade biológica no solo, a presença de micorrizas, bem como da matéria orgânica presente.

Para a análise de variância nota-se que, o DMP e DMG obtiveram significância a Tukey 1% de probabilidade.

Tabela 2. Análise de Variância para o DMP e DMG.

Fv	DMP			DMG		
	GL	QM	F	GL	QM	F
Tratamentos						
usos do solo	4	12,1	94.0160**	4	7,62	31.6696 **
Erro	35	0,12		35	0,24	
Média		4,25			2,9	
CV (%)		8,44			16,92	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$) e $p = 0.0000$ significa $p < 0.0001$. Fv: Fator de variação. CV (%): Coeficiente de Variação. DMG: Diâmetro Médio Geométrico. DMP: Diâmetro Médio Ponderado.

Tabela 3. Médias do Diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e Diâmetro médio geométrico (DMG) nos diferentes sistemas de uso do solo sob chuva simulada.

Sistemas de uso do solo	DMG (mm)	DMP (mm)
PC	1,43 d	2,09 c
PD	3,42 ab	4,75 ab
FPE	2,58 c	4,83 ab
MN	3,06 bc	4,49 b
FPP	4,01 a	5,11 a
D.M.S.	0,70	0,51
CV%	16,92	8,44

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Onde PC: Plantio Convencional; PD: Plantio Direto; FPE: Floresta plantada com Eucalipto; MN: Mata Nativa e FPP: Floresta plantada com Pinus. DMS: Diferença mínima significativa. CV (%): Coeficiente de Variação.

Hernani; Salton; Fabrício et al (1997, p.675) realizaram alguns estudos com o objetivo de quantificar as perdas de solo por erosão em diferentes sistemas de uso do solo em Latossolo Vermelho, em Dourados - MS e, neste estudo os autores concluíram que o plantio direto foi o sistema mais eficiente no controle de perdas de solo e de água quando comparado aos demais em estudo, como o plantio convencional.

Comparando diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo, Schick; Bertol; Batistela et al. (2000, p.434) constataram que o sistema plantio direto é mais eficaz no controle das perdas de solo, reduzindo em 68% quando empregado uma aração associada a duas gradagens e 52%, se comparado a escarificação associada a uma gradagem.

5.2 PERDAS DE SOLO SOB CHUVA SIMULADA

Relativo à produção de sedimentos (Tabela 4), o PC obteve a maior geração de sedimentos de todos os tratamentos avaliados nos tempos 10 e 15 minutos da aplicação da chuva simulada. Para o tempo 20 e 25 minutos, ambos os tratamentos não se diferiram entre si quanto à geração de sedimentos para os usos do solo. Isto pode estar atrelado com aspectos relativos à cobertura do solo, rugosidade superficial e, principalmente, com a macroporosidade superficial (0 a 5 cm) (PANACHUKI; SOBRINHO; VITORINO, 2006, p. 265).

Para o tempo 10 minutos os tratamentos FPP, FPE, MN e PD perderam menos sedimentos do que o PC, sendo FPP com 232,0 ml L⁻¹ (Mililitro de solo erodido por litro de água), FPE 240,3 ml L⁻¹, MN 152,5 ml L⁻¹ e PD com 209,8 ml L⁻¹. Para o tempo 15 minutos, quem mais perdeu sedimentos foi o PC com 733,4 ml L⁻¹, não havendo diferença de perdas entre FPP, FPE e MN, mas havendo diferença entre MN, PD e PC, sendo 72,1 ml L⁻¹, 248,3 ml L⁻¹ e 733,4 ml L⁻¹ respectivamente. Já para os tempos 20 e 25 minutos, não houve diferenças de perdas entre os tratamentos para o uso do solo.

Para o tempo 10 minutos, houve uma geração de sedimentos de 422,3 ml L⁻¹ para o fator SCM, 183,5 ml L⁻¹ para o fator CCM. Isso mostra a grande importância do fator CCM cumprindo um importante papel no uso e conservação do solo. Caso

observado também para o tempo 15 minutos, sendo 352,7 ml L⁻¹ no fator SCM e 176,3 ml L⁻¹ no fator CCM, seguido de 302,9 ml L⁻¹ para o fator SCM e 111,1 ml L⁻¹ para o fator CCM para o tempo 20 minutos e, por fim 161,9 ml L⁻¹ SCM e 60,7 ml L⁻¹ CCM no tempo 25 minutos.

Tabela 4. Síntese da análise de variância pelo teste F e teste de médias para os sedimentos.

Fatores	Tempo (min.)			
	10	15	20	25
	Sedimentos (mL L ⁻¹)			
Cobertura Morta (CM)				
CCM	183,5 b	176,3 b	111,1 b	60,7 b
SCM	422,3 a	352,7 a	302,9 a	161,9 a
DMS	98,93	105,05	106,23	47,71
Usos do solo (U)				
FPE	240,3 b	111,6 c	121,8 b	49,3 b
FPP	232,0 b	156,9 bc	161,1 ab	125,3 ab
MN	152,5 b	72,1 c	105,4 b	94,3 ab
PD	209,8 b	248,3 b	293,1 ab	175,4 a
PC	679,8 a	733,4 a	353,8 a	112,2 ab
DMS	198,21	133,36	226,88	108,41
Teste F				
CM	22,14 **	78,40 **	4,51 *	3,42 *
U	26,39 **	12,77 **	14,77 **	20,38 **
CM x U	4,26 *	2,90 ns	3,33 *	2,02 ns

Em cada coluna, para cada fator, médias não seguidas de mesmas letras minúsculas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% (*) e 1% (**) de probabilidade; CV: coeficiente de variação; ns: não significativo; *, **: Teste F pelas probabilidades de 5% de significância de significância (*) e a 1 e 5% de significância (**).. Onde PC: Plantio Convencional; PD: Plantio Direto; FPE: Floresta plantada com Eucalipto; MN: Mata Nativa e FPP: Floresta plantada com Pinus. CM: Cobertura morta; CCM: Com cobertura morta; SCM: Sem cobertura morta. U: Usos do solo.

Quanto à produção média de sedimentos, observou-se que para os tempos 10, 15, 20 e 25 minutos, houve maiores perdas de sedimentos no fator SCM (Tabela 4). Observa-se que houve interação entre os fatores uso do solo e CM para o tempo 10 e 20 minutos. Quanto ao fator usos do solo, este foi significativo em todos os tempos avaliados, evidenciando a importância da forma de uso dos sistemas de cultivo, refletindo explicitamente na geração de sedimentos, resultado do fracionamento das partículas de solo em menor ou maior grau conforme o uso do sistema. Ainda pode-se perceber que houve maior significância quanto ao fator CM nos tempos 10 e 15 minutos.

Se tratando dos fatores CM (Tabela 5), para o tempo 10 minutos houve diferenças significativas para este fator, onde para o FPP e PC a CM do solo foi significativa na geração de sedimentos. Já para o tempo 15 minutos não houve diferenças significativas para o fator CM do solo nos diferentes sistemas de uso.

Para o tempo 20 minutos, percebe-se que houve diferenças significativas para os sistemas de uso do solo PC e PD evidenciando a importância da CM. Para o tempo 25 minutos não houve significância para CM.

A cobertura vegetal tem um importante papel por atenuar os impactos das gotas de chuva e reduzir a velocidade do escoamento superficial. Esta eficiência em reduzir as perdas de solo por erosão pode ser associada principalmente à proteção da superfície do solo oferecida pelas plantas, impedindo o impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície, reduzindo assim a desagregação do solo e resultando em baixa concentração de sedimentos do escoamento superficial (*run off*) (BARROS., DO VALE Jr., SCHAEFER et al., 2009, p.449).

As taxas crescentes de perda de solo com o transcorrer da chuva até certo período de minutos, nos tratamentos FPP e PC no tempo 10 minutos, PD e PC no tempo 20 minutos podem ser explicadas pelo aumento da capacidade de transporte do fluxo laminar. Assim, as partículas desagregadas anteriormente, que não haviam sido transportadas por motivo da baixa capacidade de transporte do fluxo laminar, são removidas. Posteriormente o fluxo laminar passa a transportar somente as desagregadas instantaneamente, fato este que pode justificar as taxas decrescentes de perda de solo após certo tempo de chuva. Outra justificativa para o decréscimo dessas taxas diz respeito à limitação da erosão pela taxa de desagregação, em que, com o passar do tempo de chuva, há redução da erodibilidade da camada superficial do solo, pela remoção seletiva das partículas mais erodíveis e pela formação de

selamento superficial (CASSOL & LIMA, 2003, p. 121), concordando com o que descrevem Moore & Singer (1990, p.1120).

Assim, os resultados mostram que o uso do solo, a CM e o tempo de exposição deste a chuva são fatores que vem a refletir na quantidade de geração de sedimentos, perdas de nutrientes, minerais, matéria orgânica. Também se pode perceber que quando se fraciona o solo em seu uso de forma intensiva, acarretará em mudanças físicas e químicas no mesmo, onde este reagirá de forma diferente ao processo das chuvas, considerando assim o diâmetro da partícula de solo (agregados do solo) DMP e DMG, refletindo claramente na geração de sedimentos e suas perdas por erosão, influenciando assim na estabilidade dos agregados do solo.

Os principais fatores responsáveis pela maior estabilidade dos agregados são: teor de argila e, conseqüentemente, teor de argilominerais; proteção da matéria orgânica do solo pela cobertura vegetal contra a desagregação pelo impacto das chuvas e variações bruscas de umidade, conseqüente fornecimento de energia da matéria orgânica para a atividade microbiana, assim produzindo substâncias responsáveis pela formação e estabilização dos agregados do solo, e efeito das raízes das árvores no fornecimento de matéria orgânica ao solo e na redução do escoamento superficial da água pluvial (DEMARCHI; PERUSI e PIROLI., 2011, p.15).

Tabela 5. Desdobramento de sedimentos dos diferentes usos do solo perante os fatores com cobertura morta (CCM) e sem cobertura morta (SCM).

	Tempos de coleta (minutos)							
	10		15		20		25	
	CCM	SCM	CCM	SCM	CCM	SCM	CCM	SCM
	Sedimentos (ml solo L ⁻¹)							
REE	190,5 ab A	290,1 b A	78,7 a A	144,4 a A	92,2 a A	151,4 b A	24,9 a A	73,8 a A
REP	109,9 ab B	354,1 b A	112,7 a A	201,3 a A	114,7 a A	207,5 b A	61,9 a A	188,7 a A
MN	44,9 b A	260,2 b A	54,81 a A	89,5 a A	89,4 a A	121,5 b A	66,4 a A	122,3 a A
PD	188,9 ab A	230,8 b A	148,7 a A	348,0 a A	166,6 a B	419,6 ab A	67,5 a A	283,2 a A
PC	383,3 a B	976,3 a A	486,4 a A	980,4 a A	92,6 a B	615,1 a A	82,85 a A	141,5 a A
DMS	284,08	221,22	440,2	902,3	313,27	237,54	63,5	236,7
CV	42,36	48,53	32,54	59,02	70,93	76,24	63,05	63,69

*Colunas letras minúsculas e linhas letras maiúsculas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Onde PC: Plantio Convencional; PD: Plantio Direto; REE: Reflorestamento com Eucalipto; MN: Mata Nativa e REP: Reflorestamento com Pinus. DMS: Diferença mínima significativa. CV (%): Coeficiente de Variação. SP: Sem palha, CP: Com palha.

Segundo Barros., Do Vale Jr., Schaefer et al. (2009, p.449), a grande quantidade de plantas faz com que a água evapore, reduzindo a umidade do solo, contribuindo deste modo para o aumento da taxa de infiltração e conseqüente redução do volume de água perdida por escoamento superficial e arraste de partículas de solo.

O controle da erosão possivelmente se deu devido aos efeitos da redução no impacto da precipitação no solo, conseqüência da interceptação das gotas de chuva pelas folhas dos respectivos tratamentos, seu acúmulo na camada superficial do solo, maior teor de matéria orgânica, condicionando melhor agregação ao solo, permeabilidade e estrutura, conseqüentemente, o aumento da infiltração da água e menor geração de sedimentos, como se consta na tabela 6, para os tratamentos MN, REE, REP e PD (BARROS., DO VALE Jr., SCHAEFER et al ., 2009, p.449).

Castro Filho., Muzilli., Podanoschi (1998, p.534) encontraram diferenças significativas entre os índices de agregação nos sistemas de plantio direto e convencional. Os aumentos relativos propiciados pelo plantio direto foram de aproximadamente 74 % para o DMP, de 70 % para o DMG e estão diretamente

relacionados com o maior acúmulo de matéria orgânica proporcionado por este sistema em relação ao plantio convencional (Tabela 7).

Nota-se ainda que no tempo 15 minutos o PC teve sua maior geração de sedimentos quando avaliou-se os fatores CCM e SCM (Figura 9), evidenciando assim a grande importância e influência da presença da CM neste tipo de uso do solo, reduzindo próximo à 2 vezes as perdas de solo por erosão no fator CCM.

Para o tempo 15 minutos, o fator SCM dobrou a produção de sedimentos e, sendo que para o tempo 20 minutos o fator SCM aumentou em seis vezes a geração de sedimentos em relação ao fator CCM.

Por fim, para o tempo 25 minutos, houve o dobro de produção de sedimentos no fator SCM quando comparado ao CCM, ou seja, uma amplitude menor de produção de sedimentos do que os primeiros intervalos de tempo, tendo em vista que o processo erosivo já havia se caracterizado e reorganizado todas as estruturas deste sistema, havendo uma menor perturbação no mesmo, pois, esta já havia acontecido nos tempos iniciais.

Para o sistema de uso do solo FPE não houve diferença para os fatores CCM ou SCM em nenhum dos tempos avaliados. Isto, além da presença da camada vegetal que faz com que a água evapore, reduzindo a umidade do solo, contribuindo assim para o aumento da taxa de infiltração e conseqüente redução do volume de água perdida por escoamento superficial e arraste de partículas de solo, pode se dever ao DMP do FPE, 4,83 mm, sendo um dos maiores constados neste trabalho, o que conferiu maior estabilidade as partículas do solo por serem maiores em relação ao PC, este com DMP de 2,09 mm. Também não houve diferenças para o sistema de uso MN com DMP próximo ao do FPE, 4,49 mm.

O uso FPE apresentou diferença significativa da CM no tempo 10 minutos em menor proporção do que o PC, semelhante ao caso do FPE, este possui um DMP elevado, com 5,11 mm, o maior de todos os sistemas de uso avaliados neste trabalho. Também para o caso da FPE e FPP pode se ligar ao fato de que os agregados do solo ocorrem com maior frequência nas classes de maiores diâmetros fato este constatado por Carpenedo & Mielniczuk (1990, p.102), onde estes dizem que esta menor produção de sedimentos pelos tratamentos FPP, FPE esta ligado ao maior DMP e da maior porcentagem de agregados acima das classes das peneiras de dois milímetros, dificultando a formação do selamento superficial do solo, melhorando a

infiltração da água, o que reduziu possivelmente o carregamento dos agregados pelo escoamento superficial da água da chuva.

Para o PD, este também sofreu influência do fator palha no tempo 20 minutos, em menor proporção do que o PC, fato este que também pode ser explicado pelos agregados se concentrarem com maior frequência nas classes de maiores diâmetros, acima de 1 mm e apresentar um DMP de 4,75 mm, valor este próximo ao da FPE, 4,83 mm.

Como afirmam Leite., Bertol., Guadagnin (2004, p.1038) para o PC a eliminação da cobertura do solo, resultante do revolvimento mecânico no preparo convencional, associada à degradação física do solo ocasionada por esta prática, permitiu que as gotas de chuva, ao incidirem diretamente na superfície do solo, aumentassem sua desagregação e, conseqüentemente, a concentração de sedimentos na enxurrada.

Estudos realizados por Demarchi., Perusi., Piroli (2011, p.13) em área de mata nativa (MN) constataram que esta apresenta as melhores condições físicas entre os usos do solo abordados, entre cana de açúcar, solo urbano, mata nativa, soja e pastagem. Tal condição é resultado da preservação das características naturais pela pequena intervenção antrópica e da ação da M.O presente nas raízes, na fauna do solo e da serrapilheira. Do ponto de vista dos atributos químicos, apresentou pH baixo (acidez alta), e saturação de bases de 48%, sobretudo devido à não adição de adubos e fertilizantes, como é o caso de solos agrícolas. Mesma situação pode-se atribuir para a FPP e FPE para este estudo, tendo em vista a deposição de serrapilheira dos sistemas florestais estudados e a pequena intervenção antrópica, somado a ação da matéria orgânica presente em ambos os sistemas. Ainda pode-se levar em consideração o PD, sistema o qual mantém a CM sobre sua superfície, assim depositando resíduos que posteriormente se decompõem e viram matéria orgânica, promotora da agregação do solo.

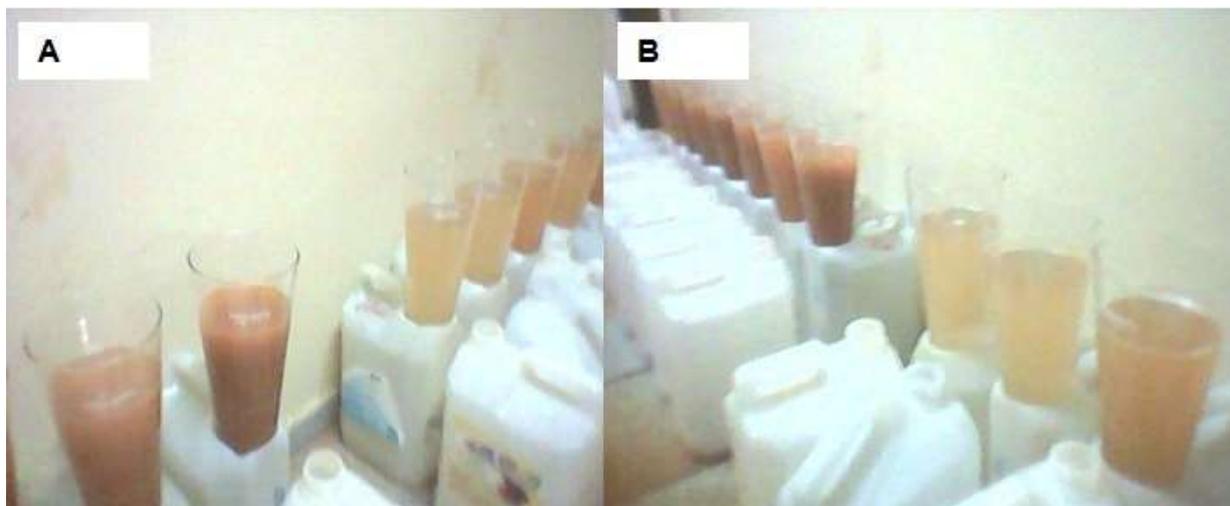


Figura 9. Sendo A e B, perdas de solo nos fatores com palha e sem palha no sistema Plantio Convencional, onde o solo mais sujo sem cobertura morta e, solo mais limpo com cobertura morta.

Fonte: O autor, 2014.

5.3 AVALIAÇÕES QUÍMICAS

Nas Tabelas 6 e 7 tem-se os valores médios das análises químicas para fins de fertilidade do solo, obtidos para os diferentes sistemas de usos do solo avaliados (MN, FPE, FPP, PD e PC). Para a tabela 07 se tem que todos os elementos químicos avaliados diferem entre si, com exceção do H +- Al.

Observando a tabela 8 nota-se que, para o FPE, MN e PC diferem estatisticamente dos demais tratamentos quanto ao elemento matéria orgânica, se destacando a MN com a maior quantidade de matéria orgânica. Para o P diferindo-se PC e PD onde o PD apresenta uma maior quantidade de P. Para o elemento K, se diferem entre si FPE e MN, MN e PD, MN e FPP, PD e PC, PD e FPP.

Para o Ca, a MN se diferencia significativamente dos demais sistemas de uso, se diferindo MN, PC e FPP entre si. Para o Mg e H + Al ambos os tratamentos não diferiram entre si. Já para o pH, a MN se diferiu entre os demais tratamentos com uma média de 5,56 em CaCl_2 , bem como a FPP com média 5,33. Para FPE, PD, PC, ambos não diferiram entre si. Para a Capacidade de troca de cátions (CTC), a MN se diferencia dos demais sistemas de uso do solo com 15,27, a maior CTC de todos os sistemas de uso do solo avaliados, seguido de PC com a menor CTC, 8,87.

O maior valor de P encontrado no PD já era esperado tendo em vista que o sistema envolve culturas anuais, nas quais foram feitas adubações com fertilizantes minerais que contem esse nutriente, como afirmam Souza e Alves (2003, p.135). No sistema MN percebe-se que há uma maior quantidade de cálcio e um valor maior de CTC, isso pode ser atribuído à reciclagem de cálcio via decomposição de resíduos, sendo capaz de reter mais cátions nesse sistema (SOUZA e ALVES, 2003, p.135).

Os maiores valores de CTC e pH para a MN podem também estar associados à menor intensidade de revolvimento do solo (SOUZA e ALVES, 2003, p.137) e, quanto ao pH, apesar de significativas diferenças entre MN e FPP, esta não deve refletir em diferenças apreciáveis nos níveis de toxidez por alumínio às plantas, onde que nestes valores 5,56 e 5,33 a presença de alumínio trocável é pouco expressiva (SOUZA e ALVES, 2003, p.137).

Tabela 6. Síntese da análise dos Quadrados médios com o nível de significância do F, *, **, e ns para as variáveis da análise química dos diferentes usos do solo.

Fator de variação	G.L.	M.O. (g.dm-3)	P (mg.dm 3)	K (cmolc.dm-3)	Ca (cmolc.dm-3)	Mg (cmolc.dm-3)	H+Al (cmolc.dm-3)	pH CaCl2	CTC
Manejos / usos	15	801,86 **	75,88 **	0,01 **	31,15 **	1,29 *	0,17 ns	0,55 **	24,07 **

ns: não significativo; Teste F pelas probabilidades de 5% de significância (*) e a 1% de significância ().**

Tabela 7. Valores médios da análise química para fins de fertilidade do solo, nos diversos tipos de usos estudados.

Tratamentos	M.O. (g.dm ⁻³)	P (mg.dm ⁻³)	K (cmolc.dm ⁻³)	Ca (cmolc.dm ⁻³)	Mg (cmolc.dm ⁻³)	H+Al (cmolc.dm ⁻³)	pH	CaCl ₂	CTC
FPE	55,30 b	7,75 b	0,23 cd	4,95 bc	1,65 ab	3,57 a	4,73 c	10,40 bc	
MN	69,36 a	5,48 bc	0,37 a	10,90 a	0,98 b	3,03 a	5,56 a	15,27 a	
PD	48,30 bc	15,33 a	0,19 d	5,03 bc	1,83 ab	3,30 a	4,88 c	10,34 bc	
PC	30,83 d	4 46 c	0,31 ab	3,73 c	1,35 ab	3,48 a	4,75 c	8,87 c	
FPP	44,57c	6.16 bc	0,27 bc	6,10 b	2,50 a	3,31 a	5,33 b	12,17 b	
DMS	9,74	2,50	0,05	1,41	1,36	0,64	0,18	1,93	
CV (%)	8,98	14,61	9,88	10,51	37,50	8,70	1,64	7,72	

Médias não seguidas de mesmas letras minúsculas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV (%): coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa. Onde FPE: Floresta plantada com *Eucaliptus*; MN: Mata nativa; PD: Plantio direto; PC: Plantio Convencional e FPP: Floresta plantada com *Pinus*.

6. CONCLUSÕES

O uso com o sistema plantio convencional apresentou o maior fracionamento dos agregados em comparação ao sistema plantio direto, reflorestamento com *Eucalyptus*, reflorestamento com *Pinus* e mata nativa. O sistema plantio convencional também apresentou baixo teor de matéria orgânica e uma das menores quantidades de fósforo e capacidade de troca de cátions. Esta qualidade inferior nas propriedades químicas associado ao menor tamanho médio do agregado contribuiu para o maior carregamento dos seus agregados pela água da chuva simulada, possibilitando maiores perdas de solo.

Os sistemas quem geraram menores perdas de solo pelo seu uso são floresta plantada com *Eucalyptus*, floresta plantada com *Pinus*, plantio direto, pois estes se aproximam bastante das características apresentadas pela mata nativa quanto à física do solo, diâmetro médio geométrico, diâmetro médio ponderado e a presença da cobertura morta bem como de matéria orgânica.

Ainda constata-se que a presença da cobertura morta é de suma importância para conter a perda de solo através da geração de sedimentos, evidente no sistema de uso plantio convencional e em menor grau no plantio direto e floresta plantada com *Pinus*. O plantio convencional teve uma redução de 6 vezes em perdas de solo por sedimentos na presença da cobertura morta, sendo notória a influencia nas perdas de solo através da água da chuva neste sistema de uso do solo. A floresta plantada com eucalipto e a mata nativa não apresentaram influencia na presença da cobertura morta, fator este que pode estar atrelado ao maior diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico.

Os resultados mostram que os diferentes sistemas de usos do solo refletem explicitamente nas perdas de solo pelo processo das chuvas, seja pelo fracionamento dos agregados do solo, seja pela ausência da cobertura morta sobre a superfície do sistema, tendo em vista que esta e o manejo do solo incidem diretamente sobre as características físicas e químicas deste, de forma mais intensa nas propriedades físicas do que químicas, sendo de grande importância observar o tipo de manejo de solo que se utilizará bem como a manutenção da cobertura morta sobre o mesmo, se tratando dos atributos químicos, como: teor de matéria orgânica,

pH, capacidade de troca de cátions, fósforo, potássio, cálcio, magnésio pois, estes como constatado neste trabalho sofrem influencia dos sistemas de uso do solo, seus respectivos manejos. Ainda ressaltando a importância de mais estudos na área que venham a viabilizar as atividades florestais e agrícolas em termos de uso e conservação de diferentes sistemas de uso do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, CA; STAPE, JL; SENTELHAS, PC; GONÇALVES, JLM; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift v.22, n.6, p. 711-728.

ALVARENGA, C.C. (2010). Indicadores hidrológicos do solo para identificação de áreas potenciais de recarga subterrânea. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) Viçosa – MG, Universidade Federal de Lavras - UFLA, 81p.

BARROS, I.da S; DO VALE Jr, J.F; SCHAEFER, C.E.G.R; JUNIOR, M.M. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium* wild e savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, v.33, n. 2, p.447-454, 2009.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE D. & BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agrícola.**, v.58, n.3, p.555-560, 2001.

BERTOL, I.; MELLO, E.L.; GUADAGNIN, J.C.; ZAPAROLLI, A.L. V.; , M.R. Nutrientes perdidos por erosão hídrica. **Scientia Agrícola**, v.60, n.3, p.581-586, 2003.

BRANDELERO, E. M.; LINK, L.; MODOLO, A. J.; BAESSO, M. M.; POSSENTI, J. C. (2013). **Simulador de erosão de solos portátil para fins didáticos.** III Reunião Paranaense de Ciência do Solo – Londrina – PR, v.3, p.359, 2013.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.99-105, 1990.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distrófico, em

função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.3, p.527-538, 1998.

CASSOL, E.A.; LEVIEN, R.; ANGHINONI, I.; BADELUCCI, M.P. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.1, p.705-712, 2002.

CASSOL, E.A.; LIMA DE, E.S. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 117-124, jan. 2003.

CENTURION, J.F.; CARDOSO, J.P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.2, p.254-258, 2001..

CHEN, C. P. Pastures as the secondary component in treepasture systems. In: International Grassland Congress, 17. Rockhampton. Proceedings. Rock hampton. v.3, p. 2037 - 2043. 1993.

CHIODEROLI, C.A.; MELLO de, L.M.M.; GRIGOLLI, P.J. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.37-43, 2012.

COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.27 no. 4, p -753, 2003.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.528-535, 2003.

DEMARCHI, J.C.; PERUSI, M.C.; PIROLI, E.L. Análise da estabilidade de agregados de solos da microbacia do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo – SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.4, n.2, p.07–29, 2011.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. Ed. rev. Atual, Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; DEDECEK, R.; ALVES JÚNIOR, M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados, MS, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.4, p.667-676, 1997.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Distribuição de tamanhos de agregação. In: Black, C. A. (ed). Métodos de análise de solo. EUA: **Madson Sociedade Americana de Agronomia**, 1965. p. 499-510.

LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; SANTOS, E.J. Erosão hídrica em um nitossolo háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.6, p.1033-1044, 2004.

LIMA, W de P. Escoamento superficial, perdas de solo e de nutriente em microparcels reflorestadas com eucalipto em solos arenosos no Município de São Simão- SP. IPEF, n.38, p.1-19, 1988.

MOORE, D. C.; SINGER, M. J. Crust formation effects on soil erosion processes. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 4, p. 1117-1123, 1990.

NUNES, M.C.M.; CASSOL, E.A. Produção de sedimentos pela erosão em entressulcos em três Latossolos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.541–547, 2011.

OLIVEIRA de, F.P.; BUARQUE, D.C.; VIERO, A.C.; MERTEN, G.H.; CASSOL, E.A.; MINELLA, J.P.G. Fatores relacionados à suscetibilidade da erosão em entressulcos sob condições de uso e manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.4, p.337–346, 2012.

OLIVEIRA de, L.C.; BERTOL, I.; CAMPOS, M.L.; JÚNIOR, J.M. Erosão hídrica em plantio de pinus, em Estrada Florestal e em Campo Nativo. **Floresta**, v. 44, n. 2, p. 239 - 248, 2014.

PANACHUKI, E.; SOBRINHO, T.A.; VITORINO, A.C.T.; CARVALHO de, D.F. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.261–268, 2006.

POSSENTI, A.C.; GOUVEA, A.; MARTIN, T. N.; CADORE, D. Distribuição da Precipitação Pluvial em Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. **In: I SEMINÁRIO SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Dois Vizinhos. Anais... Dois Vizinhos**, p. 140 -142. 2007.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência Ambiental**, 27: 29-48, 2003.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.427-436, 2000.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo Tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.5, p.795-801, 2000.

SILVA, F.DEA.S.E. & AZEVEDO, C.A.V.DE. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p71-78, 2002.

SOJKA, R.E.; CARTER, D.L.; BROWN, M.J. Determinação de sedimentos em irrigação pelo Cone Imhof. **Revista da Sociedade Americana de Ciência do Solo**, v.56, n.1, p.884-890, 1992.

SOUZA, M.Z. ALVES, M.C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.27, n.1, 133-139, 2003.

SRIVASTAVA, S.C. & SINGH, J.S. Macronutrientes C, N e P em solos de florestais tropicais: efeitos do uso do solo e do fluxo de nutrientes. **Biologia do Solo**. v.23, n.2, 117-124, 1991.